

PENGARUH PERLAKUAN SHOT PEENING DAN ELECTROPLATING NI-CR PADA AISI 304 TERHADAP LAJU KOROSI DALAM LARUTAN SYNTHETIC BODY FLUID (SBF)

Sambodo Arif Wibowo^{1*}, Erna Setianingrum²

¹Karakteristik & aplikasi Material - Kajian Material, Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur – BPPT

²Kapasitas Absorpsi, Pusat Pengkajian Kebijakan Difusi Teknologi – BPPT

Kawasan PUSPIPTEK Serpong, 15314

*samy4979@yahoo.co.id

ABSTRAK

Banyaknya kasus kerusakan yang prematur struktur plat penyambung tulang yang terjadi, membuat para peneliti, perancang, mahasiswa dan praktisi melakukan kajian dan riset. Dimana hasil kajian menunjukkan bahwa retak fatik dan korosi adalah penyebab utama kegagalan material *orthopedic implant* (AISI 304). Penelitian ini bertujuan untuk menjawab salah satu penyebab kerusakan karena korosi dengan perlakuan permukaan *shot peening* yaitu penembakan bola baja dengan kecepatan tinggi pada permukaan material (AISI 304), sehingga terbentuk lapisan tipis yang terdeformasi plastis yang diharapkan mampu menaikkan umur fatik dan kekerasan. Intensitas *almen shot peening* yang dilakukan adalah A0.006, A0.008 dan A0.010. Kemudian dilanjutkan pelapisan Ni-Cr dengan proses elektrolisis. Dimana diharapkan perlakuan ini mampu menaikkan kekerasan dan ketahanan korosi dalam larutan *synthetic body fluid*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan dipermukaan meningkat secara signifikan. Spesimen dengan A0.008 memiliki nilai kekerasan dipermukaan sebesar 345,945 kg/mm², spesimen A0.010 sebesar 335,717 kg/mm² dan spesimen A0.006 sebesar 305,123 kg/mm². Laju korosinya semakin menurun seiring kenaikan intensitas *almen shot peening*-nya, yaitu spesimen A0.006 sebesar 0,0192 mpy, spesimen A0.008 sebesar 0,016 mpy dan spesimen A0,010 sebesar 0,0047 mpy.

Kata kunci: AISI 304, Shot Peening, Electroplating Ni-Cr, Laju Korosi

ABSTRACT

The number of cases of premature structural damage to the connector plate of bone that occurs, making researchers, engineers, students and practitioners conduct studies and research. Where the results of the study results showed that the fatigue cracks and corrosion are the main causes of failure of orthopedic implant material (AISI 304). This study aims to answer one of the causes of damage due to corrosion of the surface treatment of shot peening is shooting steel balls at high speed on the surface of the material (AISI 304), thus forming a thin layer of plastically deformed which is expected to increase fatigue life and violence. Almen intensity of shot peening performed is A0.006, A0.008 and A0.010. Then proceed Ni-Cr coating by electrolysis process. Where the expected treatment is able to increase hardness and corrosion resistance in a solution of synthetic body fluid. The results showed that the value of the surface hardness increased significantly. Specimens with A0.008 has a surface hardness value of 345.945 kg / mm², A0.010 specimens of 335.717 kg / mm² and A0.006 specimens of 305.123 kg / mm². Corrosion rate decreases as the increase in the intensity Almen his shot peening, the specimen of 0.0192 mpy A0.006, A0.008 amounted to 0,016 specimens and specimens A0,010 mpy at 0.0047 mpy.

Keywords: AISI 304, Shot Peening, Electroplating Ni-Cr, Corrosion rate

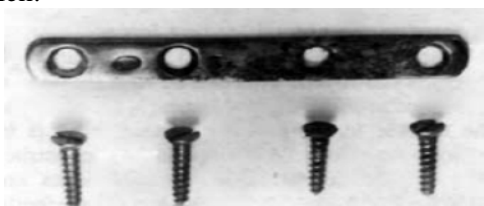
PENDAHULUAN

Tingginya angka kasus patah tulang di Indonesia, baik dikarenakan kecelakaan lalu lintas maupun bencana alam, membuat tingginya permintaan plat penyambung tulang (*Orthopedic implant*). Saat ini, plat penyambung tulang yang ada di pasaran masih didominasi oleh produk impor dibandingkan dengan produk lokal, yang harganya tentu lebih mahal.

Material Biomedis yang secara definisi dalam banyak buku adalah sebagai material tiruan yang berfungsi sebagai pengganti struktur atau bagian struktur dalam tubuh manusia. Dimana material selalu dalam kondisi berinteraksi dalam cairan tubuh manusia, sehingga persyaratannya sangat ketat. Persyaratan tersebut meliputi; (1) material tersebut harus diterima oleh tubuh manusia dan tidak beracun, (2) mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, (3) mempunyai ketahanan *fatigue* yang baik, (4) mempunyai ketahanan aus yang baik, (5) mempunyai modulus elastis yang rendah untuk mengurangi *bone resorption*.

Material yang biasa digunakan dalam *Orthopedic Implant* adalah *stainless steel*, *pure titanium alloys*, *Cobalt base alloy*. Untuk *Stainless steel* adalah jenis AISI 304, 316 dan 316L, dimana untuk harga 304 lebih murah dari pada 316 dan 316L, sedangkan laju korosinya juga lebih rendah dan mulai ditinggalkan. Disinilah banyak peneliti, perekayasa, mahasiswa S1, S2 maupun S3 dan praktisi berlomba – lomba untuk meningkatkan sifat mekanis dan laju korosi AISI 304, dengan penerapan teknologi perlakuan permukaan yang diharapkan ada peningkatan sifat mekanis dan laju korosinya mendekati AISI 316 tetapi harganya lebih murah. Sehingga kebutuhan massal akan *Orthopedic Implant* (Plat Penyambung Tulang) terjangkau.

Gambar 1 memperlihatkan kegagalan *Orthopedic Implant* (Plat Penyambung Tulang) karena korosi selama ditanam di dalam tubuh pasien.



Gambar 1 Kegagalan Orthopedic Implant
(Davis, 2003)

Dalam kondisi riilnya, *orthopedic implant* akan menerima beban dinamis dan berinteraksi dengan cairan tubuh manusia. Beberapa referensi mengatakah bahwa 90 persen kegagalan *orthopedic Implant* disebabkan retak fatik dan korosi. Karena secara alami *orthopedic implant* mengalami pergerakan sesuai gerak bagian tubuh, sehingga timbul konsentrasi tegangan pada bagian struktur yang lemah. Disinilah awal laju retak fatik dan laju korosi akan cepat meningkat. Oleh karena itu, teknologi perlakuan permukaan seperti *shot peening*, *electroplating*, *nitriding*, *rolling*, *sputtering*, *heat treatment*, *ion implantation* sangat bermanfaat untuk memaksimalkan sifat – sifat mekanis material.

Beberapa penelitian telah dilakukan oleh peneliti terdahulu tentang efek sifat mekanis dan laju korosi. Hasilnya terjadi penurunan laju korosi. Dengan teknologi perlakuan permukaan *shot peening* diharapkan terjadi peningkatan kekerasan di permukaan sehingga menghambat inisiasi perambatan retak sehingga memperpanjang umur fatiknya dan *electroplating* Ni-Cr diharapkan menurunkan laju korosinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi intensitas almen *shot peening* dan *electroplating* Ni-Cr terhadap sifat mekanis serta laju korosinya dalam larutan *synthetic body fluid* (SBF), yaitu salah satu cairan yang ada dalam tubuh manusia.

METODE

Bahan yang digunakan adalah material plat baja AISI 304 yang biasa digunakan dalam *Orthopedic Implant* membuat spesimen uji korosi, larutan *simulated body fluid* (SBF) menggunakan cairan infus yang biasa digunakan pasien dengan merk Otsu-RL buatan Jepang, larutan elektrolit untuk *electroplating* Ni adalah *Chlorite Sulfate* sedangkan *electroplating* Cr adalah *Chromic Acid*, partikel bola baja untuk *shot peening* adalah material yang terbuat dari *Cast Steel*.

Tahapan penelitian adalah sebagai berikut, plat baja AISI 304 dipotong dan dibentuk lingkaran berdiameter 14mm dengan tebal 4mm. Kemudian salah satu permukaan di gosok dengan amplas mesh 600, 1000, 1500 dan 2000, kemudian digosok dengan *autosol metal polish* guna mendapatkan permukaan

yang halus dan mengkilap. Kemudian dilanjutkan proses *shot peening*.

Proses *shot Peening* adalah salah satu proses pengerjaan dingin, dimana tegangan tekan diinduksikan kepermukaan material dengan kecepatan tinggi dan terkendali, sehingga terbentuk lapisan tipis yang terdeformasi plastis. Proses ini dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia Bandung, Divisi *Surface-Treatment Departement Aero Structure*. Standard perlakuan intensitas *shot peening* adalah menggunakan Almen yang biasa digunakan oleh PT. Dirgantara yaitu dengan simbol "A". Intensitas almen yang dipakai dalam penelitian ini adalah A0.006, A0.008 dan A0.010. perlakuan *shot peening* menggunakan tekanan udara 3 bar, jarak nozzle ke permukaan spesimen 10-15 cm, diameter bola baja 0,028 inch, material bola baja *cast steel*, *flow shot* 5 kg/s.

Proses *electroplating* Ni-Cr, yaitu proses pelapisan logam dengan ion – ion logam, melalui proses elektrolisa, yaitu dua elektroda dalam larutan elektrolit yang mengandung ion-ion yang sama dengan anoda kemudian dihubungkan arus listrik DC sehingga permukaan anoda melepaskan ion-ion logam yang larut dalam elektrolit dan bermigrasi ke katoda (spesimen uji). Proses ini dilakukan di Laboratorium *electroplating* Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung. Pelapisan Ni menggunakan larutan elektrolit *Chloride Sulfate* dengan komposisi 200 gr/L NiSO₄, 175 gr/L NiCl₂, 40 gr/L H₃BO₃, 3 ml/L HBF₄, 2 ml/L SO₃NH₂, arus (I) 0,1A, Voltase 3 Volt, waktu 5 menit. Sedangkan pelapisan Cr menggunakan larutan elektrolit *Chromic Acid* dengan komposisi 250 ml H₂CrO₃, 2,5 gr/L H₂O₃, arus (I) 0,2A, Voltase 3,3 V, waktu 5 menit.

Pengujian laju korosi dalam larutan *Synthetic Body Fluid* dengan menggunakan cairan infus merk Otsu RL buatan Jepang dengan komposisi larutan 130 mEq/L Na⁺, 4 mEq/L K⁺, 0,15 gr KCl, 2,7 mEq/L Ca⁺⁺, 108,7 mEq/L Cl⁻, 28 mEq/L HCO₃⁻, 1,55 gr C₃H₅NaO₃, 0,1 gr CaCl₂, 500 ml Aquades steril. Uji korosi dilakukan di Laboratorium Korosi BATAN Serpong dengan alat Potensiostat/Galvanostat M273, range tegangan -20 mV sampai dengan 20 mV, scan rate 0,1 mV/s. Dengan prinsip kerja elektroda tiga cell, spesimen bertindak sebagai elektroda kerja, carbon sebagai elektroda bantu dan

kalomel jenuh sebagai elektroda acuan. Ketiga elektroda ditempatkan dalam satu cell berisi larutan SBF (bertindak sebagai larutan elektrolit) yang terhubung dengan alat Potensiostat/Galvanostat M273. Nilai laju korosi ditentukan berdasarkan nilai arus korosi I_{corr}, dimana harga laju korosi suatu logam dalam lingkungan korosif adalah sebanding dengan arus korosinya (I_{corr}). Spesimen yang di uji adalah raw material, spesimen yang di shot peening dengan intensitas almen A0.006 + dilapisi Ni-Cr, A0.008 + lapisan Ni-Cr, A0.10 +lapisan Ni-Cr.

Pengujian kekerasan permukaan dilakukan dengan metode mikro Vickers Hardness dengan indentasi kerucut. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM E 384, dengan beban indentasi 10 gr, waktu 10 detik. Kemudian diukur bekas indentasinya dan dihitung kekerasannya.

Pengujian tarik dilakukan berdasarkan ASTM E 8M pada base material.

Berisi bagaimana data dikumpulkan, sumber data dan cara analisis data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji komposisi kimia dilakukan untuk mengecek material yang digunakan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi material AISI 304. Hasil uji dalam % massa menunjukkan bahwa material adalah AISI 304, meskipun unsur Ni berada dalam batas minimum seperti diperlihatkan dalam tabel 1.

Hasil uji tarik pada spesimen tanpa perlakuan, menunjukkan bahwa material adalah sesuai spesifikasi AISI 304, meskipun nilai *yield strenght*-nya lebih tinggi dari nilai referensi ASM, tetapi harga lainnya hampir sama, seperti ditunjukan dalam tabel 2 berikut ini..

Tabel 2. Hasil Uji Mekanis AISI 304

UTS (MPa)	Yield (MPa)	VHN	Elongation (%)
7,62	71,2	0,57	1,25

Hasil uji kekerasan dilakukan pada penampang melintangnya dari spesimen yang mendapat perlakuan *shot peening*+ *electroplating* Ni-Cr. Dalam tabel 3 terlihat bahwa distribusi kekerasan dipermukaan meningkat hampir 200% dari kekerasan *raw material*, hal disebabkan pengaruh *shot peening* yang mampu meningkatkan

kepadatan, mengurangi porositi. Peningkatan kekerasan terjadi seiring kenaikan intensitas almen-nya. Dimana hal ini diharapkan mampu menghambat inisiasi retak fatik sehingga memperpanjang umur pakai *Orthopedic Implant*, seperti diperlihatkan dalam tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan AISI 304

Spesimen	VHN Kgf/mm ²
Raw Material	160
A0.006	305
A0.008	345
A0.010	335

Hasil uji korosi

Tabel 1. Komposisi kimia AISI 304

Ni (wt%)	Fe (wt%)	Si (wt%)	C (wt%)	Mn (wt%)	P (wt%)	S (wt%)	Cr (wt%)
7,62	71,2	0,57	0,05	1,25	0,03	0,01	18,1

Tabel 4. Hasil Uji Korosi

Spesimen	E _{corr}	I _{corr}	Corrosion Rate (mpy)
AISI 304	-94,64	0,09	0,0377
A0.006	-265,04	0,05	0,0192
A0.008	-154,13	0,04	0,016
A0.010	-160,51	0,01	0,0047

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian korosi dalam media larutan synthetic body fluid (SBF) dengan cairan infus merk Otsu-RL buatan jepang dapat disimpulkan bahwa, semakin tinggi perlakuan intensitas almen *shot peening* ditambah *electroplating* Ni-Cr laju korosinya semakin menurun. Spesimen A0.010 + Ni-Cr memiliki laju korosi terendah yaitu 0,0047 mpy, disusul A0.008 + Ni-Cr sebesar 0,016 mpy, kemudian A0.006+Ni-Cr sebesar 0,0192 mpy dan spesimen tanpa perlakuan sebesar 0,0377 mpy.

Dari hasil uji mekanis dapat disimpulkan bahwa, pengaruh variasi intensitas *almen shot peening* ditambah *electroplating* Ni-Cr mampu menaikkan nilai kekerasan mikro Vickers di permukaan. Hampir semua spesimen naik dua kali lipat dari permukaan logam dasar (raw material) yaitu 160,725 kg/mm². Kekerasan tertinggi dicapai pada spesimen A0.008 yaitu 345,945 kg/mm², disusul spesimen A0.010

Hasil uji korosi menunjukkan bahwa terjadi penurunan laju korosi yang signifikan Hal ini disebabkan meningkatnya kepadatan permukaan, menurunnya porositas, terbentuknya lapisan tipis di permukaan. Lapisan inilah yang mungkin didominasi oleh karbida *chrome*, yang mana unsur ini adalah anti korosi. Tabel 4 memperlihatkan semakin tinggi intensitas almen *shot peening* semakin rendah laju korosinya. Laju korosi terendah dicapai spesimen A0.010, yaitu sebesar 0,0047 mpy, kemudian spesimen A0.008 sebesar 0,016 mpy, spesimen A0.006 sebesar 0,0192 mpy sedangkan untuk raw material sebesar 0,0377 mpy.

sebesar 335,717 kg/mm², kemudian spesimen A0.006 sebesar 305,123 kg/mm².

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Metal Handbook, 1994, Volume 5, Surface Engineering
- ASM Metal Handbook, 2002, Volume 11, Failure Analysis and Prevention
- ASM Metal Handbook, 1992, Volume 13, Corrosion
- ASM Metal Handbook, 2003, Volume 13a, Corrosion, Fundamentals, Testing, and Prevention
- ASM Metal Handbook, 1996, Fatigue and Fracture, Volume 19
- ASM Metal Handbook, 2000, Volume 8, Mechanical Testing and Evaluation
- ASM Metal Handbook, 1987, Volume 12, Fractography
- American Standard Testing Materials E 647, 2005

- American Standard Testing Materials E399, 2005
- AVNER, 1974, Introduction to Physical Metallurgy, Second Edition, McGraw-Hill International
- Callister Jr, William D, 2002, Materials science and Engineering an Introducing, Eight Editon, John Wiley & Sons.,Inc, USA
- Champaigne J, 2001, Shot Peening, Electronic Inc 1428W. 6th Street Mishawaka, In 46544.
- Claudio. R.A, Silva. J.M, Branco . C.M, Byrne. J, 2002, Crack Propagation Behaviour of Shot Peened Component at Elevated Temperature, Departement of Mechanical and Design Engineering University of Portsmouth
- Davis J.R, 2003, Hand book of Material for Medical Devices, ASM International copyright 2003
- Dickson, 2013, Ilmu Statistik, www.produksielektronik.com/3013/04/analisis-regresi-linier-sederhana-simple-linier-regression/
- Dieter. G. E , 1976, Mechanical Metallurgy, Second Edition, McGraw-Hill Kogashuka, LTD
- Gdoutos. E.E, 2002, Fracture Mechanics an Introduction, Second Edition, Springer http://www.wikipedia.org/wiki/Simulated_bod_y_Fluid
- <http://www.AZoM.com/article.aspx?ArticleID=863>
- Medical Applications of Stainless Steel 304 (UNS S30400)
- Medical Applications of Stainless Steel 316 (UNS S31613)
- Jones .D.A 1991, Principles and Preventions of Corrosion, 2nd Edition, Prentice Hall of Japan, Inc., Tokyo
- Kamachi UM, Sridhar TM, Baldev R, 2003, Corrosion of Bio Implants, Metallurgy and Materials Group, Indira Gandhi Centre of Atomic Research.
- Malau dan Luppaa, 2011, Pengaruh Variasi Waktu dan Konsentrasi Larutan NaCl terhadap Laju Korosi dan Kekersan Permukaan dari Electroplating Nickel pada permukaan baja karbon rendah, Fakultas Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada
- Mulyaningsih, 2011, Pengaruh Variasi Waktu Electroplating Ni – Cr Baja 304 terhadap Ketahanan Korosi dengan larutan PBS, Tesis Fakultas Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada
- Setyo dan Malau, 2012, Pengaruh Kuat Arus pada Pelapisan Nickel dan Nickel-Hard Chromium Plating Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Permukaan Baja AISI 410, Fakultas Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada.
- Sibilia J. P, 1998, A Guide to Materials Characterization and Chemical Analysis, VCH Publisher, Inc 220 East 23rd Street Suite 909 New York 10010
- Sunardi, 2014, Efek Shot Peening dan electroplating pada 304 dan 316L terhadap laju korosi media larutan SBF, Tesis Fakultas Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada